

Prospecção do estado da arte de pesquisas científicas sobre nível de maturidade tecnológica

Prospecting the state of the art of scientific research on technology readiness level

Prospectando el estado del arte de la investigación científica sobre el nivel de preparación tecnológica

Recebido: 12/12/2022 | Revisado: 26/12/2022 | Aceitado: 27/12/2022 | Publicado: 01/01/2023

Ygo Biserra Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4631-2854>
Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil
E-mail: ygo@ufersa.edu.br

Ana Lúcia Brenner Barreto Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7239-1299>
Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil
E-mail: analucia@ufersa.edu.br

David Custódio de Sena

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9623-815X>
Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil
E-mail: sena@ufersa.edu.br

Resumo

O objetivo desse é pesquisar o estado da arte do tema Technology Readiness Level – TRL, que é uma metodologia para aferição de nível de maturidade tecnológica para projetos de inovação. Foi realizado um estudo bibliométrico sobre o tema na base de pesquisa da Scopus nos últimos cinco anos. Como resultado, identificou-se que o estado da arte do tema TRL é ainda escasso quanto às discussões acerca de sua importância dentro do contexto dos ecossistemas de inovação em nível mundial. Nas análises foram possíveis identificar os principais autores e journals que publicam sobre o tema, bem com, as principais palavras-chave e as fontes mais referenciadas nos artigos selecionados. Em uma análise dos achados de 4 dos principais artigos, percebeu-se que é notório que a TRL possui grande relevância nos trabalhos empreendidos, e que é utilizada de maneira conjugada ou mesmo adaptada para determinada realidade. A escassez de artigos que tratam da TRL foi uma limitação encontrada.

Palavras-chave: Technology readiness level; Maturidade; Inovação; Incubadora de empresas; Bibliometria.

Abstract

The purpose of this is to research the state of the art of the Technology Readiness Level - TRL theme, which is a methodology for measuring the level of technological maturity for innovation projects. A bibliometric study was carried out on the subject in the Scopus research base in the last five years. As a result, it was identified that the state of the art of the TRL theme is still scarce in terms of discussions about its importance within the context of innovation ecosystems worldwide. In the analyses, it was possible to identify the main authors and journals that publish on the subject, as well as the main keywords and the most referenced sources in the selected articles. In an analysis of the findings of 4 of the main articles, it was noticed that the TRL has great relevance in the works undertaken, and that it is used in conjunction or even adapted to a given reality. The scarcity of articles dealing with TRL was a limitation found.

Keywords: Technology readiness Level; Maturity; Innovation; Business incubator; Bibliometrics.

Resumen

El objetivo de este es investigar el estado del arte del tema Technology Readiness Level - TRL, que es una metodología para medir el nivel de madurez tecnológica para proyectos de innovación. Se realizó un estudio bibliométrico sobre el tema en la base de investigación Scopus en los últimos cinco años. Como resultado, se identificó que el estado del arte del tema TRL aún es escaso en cuanto a las discusiones sobre su importancia en el contexto de los ecosistemas de innovación a nivel mundial. En los análisis fue posible identificar los principales autores y revistas que publican sobre el tema, así como las principales palabras clave y las fuentes más referenciadas en los artículos seleccionados. En el análisis de los hallazgos de 4 de los artículos principales, se percibió que el TRL tiene gran relevancia en los trabajos realizados, y que se utiliza en conjunto o incluso adaptado a una realidad dada. La escasez de artículos que traten sobre TRL fue una limitación encontrada.

Palabras clave: Nivel de preparación tecnológica; Madurez; Innovación; Incubadora de empresas; Bibliometría.

1. Introdução

A tecnologia tem proporcionado desenvolvimento para a sociedade ao longo dos anos, este avanço ocorre em diversos setores da vida em sociedade, mas em especial a economia tem sido impactada sobremaneira pelo desenvolvimento tecnológico. O ritmo das mudanças no meio comercial, na educação, na ciência, tem sido acelerado pela tecnologia, em especial pela tecnologia da informação – TI. Com o advento da internet as relações corporativas e comerciais têm ganhado ainda mais força e rapidez, na mesma proporção em que as rotinas sociais foram alteradas, no cotidiano das empresas também foram, e necessitaram mudar.

Pode-se dizer que o comportamento dos consumidores foi alterado com passar do tempo, antes a produção em massa era capaz de suprir as necessidades de todos, bastava produzir e com certeza iria vender a produção. Entretanto, os clientes tornaram-se mais exigentes, exigindo produtos cada vez mais personalizados, mais adequados, com um preço que esteja justo ao que está sendo oferecido. A concorrência também foi determinante e hoje poucos ramos da economia não possuem dezenas de concorrentes brigando pelos consumidores e seus recursos financeiros.

Nesse sentido, as empresas precisam se adaptar as mudanças rapidamente e com a maior eficiência possível, a capacidade de empreender e inovar são cada vez mais demandadas, de acordo com o SEBRAE (2020), é quase impossível separar empreendedorismo de inovação em tempos contemporâneos. Para que a ação empreendedora possa acontecer, é imprescindível um espaço para que a inovação possa fluir, ou seja, a inovação permite o ato de empreender. Shumpeter (1982) argumentou que as empresas são organizações que se desenvolvem com base na inovação, pois ao contrário, não conseguiriam se manter competitivas no mercado, trata-se das mudanças de hábitos e costumes corporativos que ele denomina “destruição criadora”, esta teria a capacidade de romper o fluxo circular e permitiria o avanço e a criação de novas organizações capazes de atender aos anseios da sociedade.

Assim, a inovação passou a ser ponto forte da economia no mundo contemporâneo, fator preponderante para o desenvolvimento de uma nação atualmente, segundo o Manual de Oslo OECD (2018), a inovação pode ser compreendida como um processo, como um produto, ou até mesmo um serviço, desde que sejam diferentes de maneira significativa dos produtos, serviços ou processos existentes anteriormente, e sejam disponibilizados ao mercado consumidor. De acordo com os estudos de Audy (2017), a inovação está ligada à obtenção de projetos novos, conceitos, formas diferentes de fazer as coisas, sua exploração mercantil ou utilização social e a consequente divulgação para o restante dos potenciais interessados. A inovação sempre deve ser analisada em um contexto, pois o que pode ser considerado inovação em determinado local, empresa, segmento, pode não ser em outro.

Com o desenvolvimento econômico acelerado, a atividade inovativa ascendeu também em termos quantitativos, o número de agentes e instituições envolvidas é cada vez maior, o que naturalmente demandou uma organização social para a gestão desse “ecossistema”, um conceito que nos ajuda a entender a dinâmica da inovação surgiu com primariamente com os estudiosos Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff, chamado de modelo da tríplice-hélice, onde governo, academia e indústria formavam uma espécie de eixo gestor do ecossistema de inovação. O termo ecossistema vem das ciências biológicas trazendo a ideia de interação entre as espécies e os elementos naturais que estão presentes no ambiente (do Prado et al, 2020) Com o passar dos anos esse modelo evoluiu quanto às funções de seus agentes, que foram de certa forma forçados a se adaptar às demandas do próprio ecossistema que é muito mutável e veloz. Nesse sentido, Soares e Prete (2018) argumentam que os 3 principais agentes do ecossistema de inovação passaram a possuir papéis duplos ou triplos dentro de suas atribuições, em especial a academia, que teve que unir a construção de ciência e conhecimento com atividades de articulação empreendedora, e para que essas novas atividades fossem eficazes, ferramentas administrativas foram necessárias, nesse momento começaram a surgir estruturas como parques tecnológicos, incubadoras de empresas, núcleos de inovação tecnológica, escritórios e agências de inovação, dentre outros.

Assim, para que as novas estruturas de inovação da academia possam ser eficientes em suas atividades de conduzir o processo de inovação, fomentando o empreendedorismo inovador, torna-se salutar que metodologias de gestão da inovação estejam presentes e tragam contribuições concretas para este processo. Nesse aspecto pode-se destacar a *Technology Readiness Level* – TRL, metodologia para aferição de nível de maturidade tecnológica para projetos de inovação, que foi idealizada pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA na década de 60.

A TRL tem sido demandada de forma crescente por projetos de inovação em todo o mundo, no Brasil não é diferente e a mesma deve ganhar atenção das agências de fomento à inovação nos próximos anos (Martin et al., 2020). Nesse prisma, esse artigo tem como objetivo pesquisar o estado da arte do tema TRL através de um estudo bibliométrico. Levando em consideração sua importância para o ecossistema de inovação, bem como para a condução do processo inovativo pelos diversos agentes e instituições envolvidas.

Esta metodologia merece destaque, pois além de o tempo que já possui de existência, bem como do alto nível de utilização da mesma por diversas instituições em todo o mundo, a TRL detém uma capacidade considerável de ser adaptada para diversas situações e realidades (Dantas, 2020). Atualmente, seja de forma adaptada ou não, a TRL é amplamente utilizada em Pesquisa & Desenvolvimento – P&D, pois oferece condições técnicas de orientação para se saber minimamente o nível de investimento necessário para que determinada solução inovadora possa ser disponibilizada ao mercado.

Maturidade tecnológica é um termo utilizado com frequência nos ecossistemas de inovação, o mesmo pressupõe a ideia de que um serviço ou produtos inovadores, durante o período que compreende sua criação/produção/elaboração, vai de um momento inicial onde suas funções, formas e estrutura estão apenas como ideia, conceito inovador, até o momento de término, onde teoricamente estaria pronto para solucionar o que levou a sua concepção (Barbosa, 2018). Ainda de acordo com o autor, o nível de maturidade tecnológica evidencia de certa forma o andamento da construção de determinada tecnologia, levando em consideração que nesse desenvolvimento houve um respeito aos princípios básicos traçados anteriormente, e isto foi o ponto inicial, até o ponto final que seria uma versão totalmente pronta para ser comercializada ou colocada em prática.

Corroborando com a conceituação de maturidade tecnológica, Jochem *et al* (2011), explica que a mesma pode ser compreendida através de uma ótica em que se trata de uma estrutura lógica de desenvolvimento, segmentada em várias subpartes que funcionam em sequência, do início ao final, em cada etapa obrigações têm que ser cumpridas, e assim o próximo nível é alcançado, até a finalização e entrega do produto/serviço/processo final.

Nesse sentido, é possível dizer com certa assertividade que o nível de maturidade tecnológica – NMT aponta para um determinado estágio de evolução da criação de uma tecnologia. Assim, uma empresa ou organização pública que seja responsável por inovação, necessita de muito conhecimento acerca do que está colocando como demanda de inovação, tanto quanto das tendências sobre o mercado para o qual o resultado final (produto/serviço) será disponibilizado, a fim de adequar a produção técnicas às demandas reais do mercado, entregando algo realmente útil e com potencial mercadológico ou social (Barbosa, 2018).

Para que seja possível uma gestão da inovação eficiente, visto sua alta complexidade manutenção de atividade que funcionam de forma concomitante, torna-se salutar a utilização de uma metodologia de aferição de nível de maturidade tecnológica, nesse caminho surge a *Technology Readiness Level* – TRL. Essa ferramenta metodológica teve início na década de 1960, nos Estados Unidos da América – EUA, mais especificamente na *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, que a desenvolveu visando gerenciar seu desenvolvimento tecnológico (Rocha, 2016).

Assim, segundo Salazar e Russi-Vigoya (2021), a NASA percebeu que em certo momento seus processos ganhavam muito volume, bem como traziam cada vez mais complexidade em cada etapa necessária ao seu desenvolvimento, essa situação demanda uma ação inovadora por parte da agência, no sentido de criar uma ferramenta metodológica para criação de condições mais eficientes de condução de seus inúmeros projetos de P&D. *Technology Readiness Level* se configura de

maneira conceitual teórica como uma ferramenta que serve para mensuração de nível de prontidão ou maturidade de tecnologias, tudo aglutinado em uma escala que vai da ideação até a concepção

Os estudos de Vik *et al.*, (2021) apontam que a utilização de TRLs proporciona muitas vantagens, pois através dela é possível uma compreensão comum do nível da tecnologia em certo momento investigado, ela permite uma facilidade de comunicação muito maior entre os membros das equipes desenvolvedoras. A gestão de riscos inerente ao ato de inovar é facilitada pela adoção dessa ferramenta, pode-se dizer que tal gestão é aprimorada, pois ao se ter uma noção mais detalhada do nível de maturidade de uma tecnologia, a capacidade de negociação e condução de todo o processo é potencializada.

Já Salazar e Russi-Vigoya (2021) argumentam que a organização de um projeto por TRL, não necessariamente traz consigo melhoria, ajustes e adequações. Exemplificam ainda que um certo produto pode já estar maduro, mas possuir um NMT mais baixo ou mais alto em determinado contexto, ou seja, o nível de maturidade tecnológica pode de certa forma estar pronto para uso, cumprindo todos os pré-requisitos de todas as etapas, e mesmo assim não estar totalmente otimizado, não sendo uma certeza por completo, apesar de extrema utilidade no processo.

Ainda nesse prisma, pode-se argumentar que as TRLs de 1 a 3 são os níveis iniciais de uma inovação, que vai da ideação até as primeiras provas conceituais da solução, tudo no campo da teoria, essas três etapas são a concepção da tecnologia. Enquanto do nível 4 ao nível 6 da escala acontece o desenvolvimento da tecnologia em si, a parte mais complexa da construção da inovação. Já os últimos níveis que se encontram entre as TRLs 7 e 9, são tratados como etapa de polimento da tecnologia, ajustes e pequenas melhorias finais (Iso, 2013)

Segundo Vik *et al.*, (2021), para que uma tecnologia inovadora atinja a TRL 9, o último nível da escala, ela deve estar totalmente pronta para disponibilização no mercado alvo, deve ter atingido uma adequação completa a todos os pré-requisitos, todos os processos reprodutíveis de produção, testes e operacionalização devem ter sido concluídos, além das exigências quanto as funcionalidades do produto/serviço, que devem suprir por completo a demanda para qual foi pensada.

Assim, torna-se plausível dizer que a escala de TRL é uma ferramenta de muita utilidade para os gestores de inovação, através da mesma, uma aferição do NMT é viável para determinada tecnologia em um certo espaço de tempo. Entretanto, existe um custo atrelado ao avanço de cada etapa da TRL, quanto mais a tecnologia avança, mais ela necessita de recursos para seu desenvolvimento. De forma resumida e simples, a TRL é útil para fornecer um retrato da evolução de construção de uma certa tecnologia. Cabe salientar que existe uma dificuldade razoável para se determinar um nível de maturidade para inovações em processos, métodos, algoritmos e arquiteturas computacionais (Barbosa, 2018).

Ainda de acordo com o autor, e seguindo a lógica norte americana, no Brasil, a TRL teve início na sua utilização na indústria aeroespacial. E com o passar dos anos essa ferramenta foi sendo adaptada e usada em diversos outros segmentos. A norma ABNT NBR ISO 16290 de setembro de 2015, e foi nessa norma que os níveis de TRLs foram organizados de forma escalonada para facilitar o entendimento e a utilização da mesma (conforme Quadro 1).

Quadro 1 - Detalhamento das TRLs.

TRL 1	Nível mais baixo de prontidão tecnológica. A pesquisa começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento aplicado. Exemplos podem incluir estudos em papel das propriedades básicas de uma tecnologia.
TRL 2	A Invenção começa. Uma vez que os princípios básicos são observados, as aplicações práticas podem ser inventadas. As aplicações são especulativas e pode não haver nenhuma prova ou análise detalhada para suportar os pressupostos.
TRL 3	A pesquisa e o desenvolvimento ativos são iniciados. Isso inclui estudos analíticos e estudos laboratoriais para validar fisicamente as previsões analíticas de elementos separados da tecnologia. Exemplos incluem componentes que ainda não estão integrados ou representativos.
TRL 4	Componentes tecnológicos básicos são integrados para estabelecer que eles vão trabalhar juntos. Esta é relativamente uma versão de "baixa fidelidade" da tecnologia em comparação com o sistema final. Exemplos incluem a integração do hardware "ad hoc" no laboratório.
TRL 5	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realistas para que possam ser testados em um ambiente simulado. Os exemplos incluem integração laboratorial de "alta fidelidade" dos componentes.
TRL 6	Modelo representativo ou sistema protótipo (que é bem superior ao do TRL5) é testado em um ambiente relevante. Representa um grande passo na prontidão demonstrada da tecnologia. Os exemplos incluem testar um protótipo em um ambiente de laboratório de alta fidelidade ou em ambiente operacional simulado.
TRL 7	Protótipo próximo ou já no sistema operacional planejado. Representa um grande passo do TRL6, exigindo a demonstração de um protótipo de sistema real em um ambiente operacional.
TRL 8	Tecnologia comprovada para funcionar na sua forma final e nas condições esperadas. Na maioria dos casos, este TRL representa o fim do verdadeiro desenvolvimento do sistema. Exemplos incluem teste de desenvolvimento e avaliação do sistema no seu sistema de armas pretendido para determinar se ele atende às especificações.
TRL 9	Aplicação real da tecnologia em sua forma final e em condições de missão, como as encontradas em testes operacionais e avaliação. Exemplos incluem o uso do sistema em condições de missão operacional.

Fonte: DOD (2009).

É salutar destacar que a escala de TRL é de suma importância para averiguar o NMT de um projeto inovador. Entretanto, na mesma proporção de importância, está o fato de que se uma tecnologia não tiver sido bem pesquisada, testado, detalhada, dificilmente poderá ser mensurada da forma correta e que tenha utilidade pra gestão de P&D. Mas pode-se dizer que de forma geral, dentro da P&D, quanto maior o nível da TRL, mais importantes e impactantes serão as atividades ali desenvolvidas, pois nessas etapas se encontram as fases de prototipação, testes em ambiente real ou aproximado, alinhamento com a parte comercial/mercado, captação de investimentos finais, dentre outros. (Salazar & Russi-Vigoya, 2021).

2. Metodologia

O método de uma pesquisa é o seu alicerce para alcançar a credibilidade científica, segundo Gil (2008), se trata do detalhamento do percurso que o estudo vai percorrer em busca dos objetivos previamente traçados. Esta pesquisa teve uma abordagem quantitativa, pois foi realizado um levantamento bibliométrico acerca do estado da arte sobre a temática Technology Readiness Level – TRL em artigos científicos no banco de dados scopus, pertencente a empresa Elsevier, e considerado a maior base de dados de resumos e citações da literatura científica revisada por pares do mundo.

Assim, de acordo com os estudiosos Rich e Ginsburg (1999) estudos com cunho quantitativo, os agentes pesquisadores analisam determinada situação ou fenômeno de fora, com um olhar externo ao acontecido, os mesmos têm à sua disposição variáveis concretas para trabalhar, não se envolvem com os sujeitos da pesquisa, nem com o fenômeno estudado, a aferição de valores numéricos proporciona a validação científica necessária a esse tipo de estudo.

Ainda nesse sentido, pode-se dizer que o caráter metodológico desse artigo é exploratório com um cunho bibliográfico, que segundo Marconi e Lakatos (2011) se trata de uma investigação sistemática com bases em informações já divulgadas e organizadas, seja por meio digital ou físico. Trata-se especificamente de um estudo bibliométrico, ou seja, que utiliza a bibliometria como técnica primária, a mesma pode ser caracterizada como uma técnica estatística e quantitativa que

tem como foco principal a exposição de índices de produção e massificação de conhecimento científicos formais (Araújo, 2006).

Nesse prisma, Tizotte et al., (2021) explicam que as informações obtidas através de pesquisas bibliométricas atribuem a contribuição de certo saber científico oriundas das publicações em determinada área e espaço de tempo. Os índices bibliométricos trazem sustentação científica para a comunidade interessada em determinado tema, pode-se dizer que se trata de uma espécie de olhar para a ciência, de forma ordenada e com base em sua produção formal presente em um banco de dados.

Os dados coletados nesse estudo foram obtidos através de uma busca sistemática na base de dados scopus, a pesquisa ocorreu entre março a abril de 2021, levando em consideração os cinco últimos anos de produção científica (2017 – 2021), com a utilização da expressão: Technology Readiness Level, com o uso dos operadores booleanos “”, ficando da seguinte maneira: “Technology Readiness Level”. É importante destacar que a busca empreendida na scopus foi filtrada para recuperar apenas “articles”, na área de estudo em “business, management and accounting”, e ainda com fase final de publicação. E dessa forma foram recuperados 19 documentos, que foram organizados conforme a tabela 1:

Tabela 1 - artigos recuperados.

Artigos	Fonte das publicações	Referências	Ano	Objetivo	
1	An approach to implementecodesign in the initial phase of research: a case study of bacterial cellulose production	Journal of Cleaner Production	De Araújo e Silva, R., Santa Brígida, AI, de Freitas Rosa, M., (...), Benício de Sá Filho, E., Brito de Figueirêdo, MC	2020	Este artigo apresenta e aprimora uma abordagem de ecodesign para TRLs no estágio de laboratório
2	Conversion of end-of-life cotton banknotes into liquid fuel using minipyrolysis	Journal of Cleaner Production	Yousef, S., Eimontas, J., Striūgas, N., (...), Hamdy, M., Abdelnaby, MA	2020	Esta pesquisa visa converter os ELCBs em produtos de energia de alto valor agregado
3	Integrated technical-economic evaluation of a biorefinery process: the cutting edge valuation of the lignocellulosic fraction in wood flows	Journal of Cleaner Production	Tschulkow, M., Compernelle, T., Van den Bosch, S., (...), Sels, B., Van Passel, S.	2020	Construir uma avaliação técnico-econômica integrada (TEA) que integra diretamente os resultados dos estudos de laboratório com os custos e benefícios econômicos.
4	Marrying the best of both worlds: an integrated framework to combine technology transfer sources and recipients	IEEE Transactions on Engineering Management	Liu, H.-Y., Subramanian, AM, Hang, C.-C.	2020	Como fazer para preencher a lacuna de conhecimento entre os PRIs e as PMEs para facilitar o processo de correspondência pré-transferência?
5	Check-in at robo-desk: effects of automated social presence on social cognition and service implications	Gerência de Turismo	Yoganathan, V., Osburg, V.-S., H. Kunz, W., Toporowski, W	2021	Examinar como robôs humanóides (versus máquinas de autoatendimento) moldam as percepções de serviço do consumidor em relação à presença / ausência simultânea de equipe humana.
6	Assessment of the maturity level of biomass electricity generation technologies using the technology preparation level criteria	Journal of Cleaner Production	Dovichi Filho, FB, Castillo Santiago, Y., Silva Lora, EE, Escobar Palacio, JC, 7Almazan del Olmo, AO.	2021	Avaliar o nível de maturidade das tecnologias atuais de geração de energia de biomassa, usando métricas de tecnologia prontidão níveis
7	In search of the perfect combination: a configurational approach to technology transfer in Singapore	IEEE Transactions on Engineering Management	Liu, H.-Y., Subramanian, AM, Hang, C.-C.	2021	Como combinamos as fontes de transferência de tecnologia com os destinatários?

8	Dealing with the paradox of eco-design in research and development projects: The concept of sustainability assessment levels Free access	Journal of Cleaner Production	Chebaeva, N., Lettner, M., Wenger, J., (...), Holzer, D., Stern, T.	2021	Este artigo visa descrever um sistema de classificação sistemática para os métodos de avaliação de sustentabilidade disponíveis.
9	Technology selection using the TOPSIS method Free access.	Prospectiva e Governança de CTI	Halicka, K.	2020	Este artigo apresenta uma proposta para o uso de métodos de tomada de decisão multi-atributo durante a avaliação e seleção de tecnologia.
10	Exploiting barriers to the commercialisation of phosphorus recovery technologies	Journal of Cleaner Production	Li, B., Udugama, IA, Mansouri, SS, (...), Gernaey, KV, Young, BR	2019	Para este fim, a TRL, a economia do processo e as análises de sensibilidade foram integradas de forma inovadora e empregadas para avaliar as oportunidades e obstáculos durante a implementação das tecnologias atuais de recuperação de fósforo.
11	Aligning technology and institutional readiness: the adoption of innovation	Análise de Tecnologia e Gestão Estratégica	Webster, A., Gardner, J	2019	Este artigo explora e desenvolve o conceito de 'prontidão' no que se refere à adoção de inovação.
12	Time is everything: a technology transition structure to regulatory levels and market readiness	Previsão Tecnológica e Mudança Social	Kobos, PH, Malczynski, LA, Walker, LTN, Borns, DJ, Klise, GT	2018	Esta pesquisa operacionaliza essa noção, desenvolvendo os fundamentos teóricos dos atrasos de aceitação regulatória e de mercado, com base na TRL e oferece duas novas adições à comunidade de pesquisa.
13	Intertwining the internet of things and the science of consumer behavior: promises of the future for businesses	Previsão Tecnológica e Mudança Social	Caputo, F, Scuotto, V, Carayannis, E, Cillo, V.	2018	Portanto, para superar essas barreiras, a pesquisa busca medir as relações entre os elementos que afetam a disposição e as decisões dos clientes de usar produtos baseados em IoTs.
14	Criteria of technical-economic and environmental adequacy of hydrothermal processes for the treatment of biogenic residues: A SWOT analysis approach	Journal of Cleaner Production	Reißmann, D, Thrän, D, Bezama, A.	2018	Neste artigo, apresentamos uma abordagem estruturada, transferível e transparente para o desenvolvimento de critérios de adequação técnico-econômica e ambiental para os conceitos de HTP.
15	Basis for a methodology for generating roadmaps for hypersonic and re-entry space transport systems	Previsão Tecnológica e Mudança Social	Cresto Aleina, S., Viola, N., Fusaro, R., Longo, J., Saccoccia, G.	2018	Este artigo apresenta os primeiros passos de uma metodologia destinada a apoiar a geração e atualização de roteiros de tecnologia desenvolvidos em estreita cooperação entre o Politécnico de Torino e a Agência Espacial Europeia
16	Innovative value creation in BRICS	European Research Studies Journal	Maslova, IA, Popova, LV	2018	O objetivo do artigo é desenvolver uma metodologia para contabilizar o valor adicionado de produtos inovadores, no que diz respeito a tecnologia de prontidão níveis para a comercialização a partir da análise de problemas e pontos de crescimento da economia nacional a partir do exemplo da colaboração internacional do BRICS.
17	Readiness, viability and confidence: how to help bidders better develop and evaluate their bids	International Journal of Production Research	Sylla, A., Vareilles, E., Coudert, T., (...), Aldanondo, M., Geneste, L.	2017	Este artigo propõe a fundação de uma nova estrutura que pode ajudar os licitantes a definir a oferta certa.

18	What to recycle: an integrated model for the convenience of product recycling	Journal of Cleaner Production	Mohamed Sultan, AA, Lou, E., Mativenga, PT	2017	Esta pesquisa teve como foco o desenvolvimento de uma nova abordagem científica para priorizar a reciclagem de produtos em fim de vida em uma economia circular.
19	"Coupled processes" as dynamic features in system integration	RAE Revista de Administracao de Empresas	Chagas, MDF, Leite, DES, de Jesus, GT	2017	O objetivo deste artigo é analisar os caminhos tecnológicos em evolução de uma geração de produto para a próxima por meio de dois estudos de caso na indústria aeroespacial brasileira

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os 19 artigos recuperados na base de dados *scopus* foram exportados para o pacote de software *VOSviewer*, objetivando uma organização para posterior análise dos artigos selecionados. A tabela 2 apresenta os periódicos sobre o *technology readiness level* entre março e abril de 2021.

Tabela 2 - Periódicos que publicaram sobre *technology readiness level* entre março e abril de 2021.

Journals	Nº artigos	%	Fator de impacto
1 TOURISM MANAGEMENT	1	5,20	12.8
2 JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	8	42,1	13.1
3 IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT	2	11,0	4.3
4 FORESIGHT AND STI GOVERNANCE	1	5,20	3.0
5 TECHNOLOGY ANALYSIS AND STRATEGIC MANAGEMENT	1	5,20	4.1
6 TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE	3	15,7	12.0
7 EUROPEAN RESEARCH STUDIES JOURNAL	1	5,20	2.6
8 INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	1	5,20	10.7
9 RAE REVISTA DE ADMINISTRACAO DE EMPRESAS	1	5,20	1.1

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Dessa forma, percebe-se que o *journal* que apresentou o maior número de artigos com a temática *technology readiness level* foi o *Journal of Cleaner Production*, seguido pela *Technological Forecasting and Social Change* e fechando o ranking dos três primeiros temos o *IEEE Transactions on Engineering Management*, estes três periódicos possuem 68,8% dos artigos recuperados, os outros 31,2% são distribuídos igualmente entre os 6 periódicos restantes, cada um com 1 publicação.

Através da análise projetada a partir da *scopus* foi possível identificar quais os autores que mais publicaram, assim temos Hang, C. C.; et al., os três com 2 publicações cada, o que compreende 32% da amostra, enquanto os 68% restantes estão distribuídos equitativamente entre: Abdelnaby, M.A.; et al.

Quanto ao período mais produtivo acerca do tema, podemos destacar os anos de 2018 e 2020, ambos com 26% das publicações cada, e entre os dois temos o ano em que menos se produziu, 2019 com apenas 11% publicações. Vale ressaltar que foi aplicado um filtro temporal na pesquisa entre 2017 e 2021, um quinquênio de publicações.

As nações que mais publicaram na área em questão foram: *Brazil; France; United Kingdom e United States of América*, cada um concentrou 3 publicações cada, o que corresponde ao percentual de 47% dos artigos. Enquanto 4 nações, *Germany; Italy; Russian Federation e Singapore*, contribuíram com 2 documentos cada, que totaliza 42% da amostra, e por último com *Australia e Austria* tiveram apenas 1 documento cada, o que em conjunto corresponde à 11% do total.

Através da análise via *VOSviewer* foi possível prospectar as 15 palavras-chave mais citadas nos 19 artigos recuperados nessa pesquisa, destacamos as três principais, que foram: “níveis de prontidão tecnológica” com 13 ocorrências

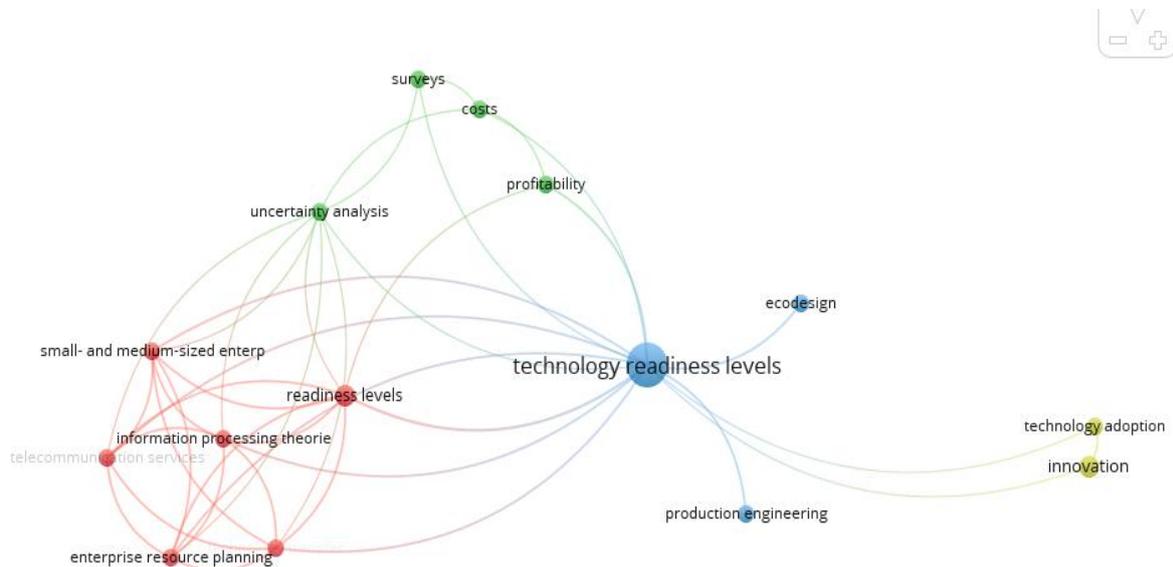
nos 19 artigos, “inovação” com 3 ocorrências e “níveis de prontidão” com 3 ocorrências, as mesmas se encontram tabuladas na tabela 03 e trazem algumas ligações interessantes para debatermos e observamos sob uma nova perspectiva que será mostrada na Figura 1.

Tabela 3 - Palavras – chave mais citadas.

	Palavra-chave	Ocorrência	Força de ligação
1	Níveis de prontidão tecnológica	12	24
2	Inovação	3	3
3	Níveis de prontidão	3	15
4	Custos	2	4
5	Ecodesign	2	2
6	Planejamento de recursos corporativos	2	13
7	Teorias de processamento de informações	2	13
8	Engenharia de produção	2	2
9	Rentabilidade	2	4
10	Pequena e média empresa	2	13
11	Pesquisas	2	3
12	Adoção tecnologia	2	3
13	Transferência de tecnologia	2	13
14	Serviços de telecomunicações	2	13
15	Análise de incerteza	2	9

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 01 - Ligações entre as palavras-chave mais citadas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As 15 palavras-chave mais citadas foram agrupadas em 4 *clusters* (Figura 1) que dividem as palavras-chaves através de suas ligações umas com as outras. O *cluster* em azul é composto pela palavra-chave mais citada, no caso “níveis de prontidão tecnológica”, estando essa mais ligada as palavras-chave: “engenharia de produção” e ecodesign, esse trio forma o *cluster* principal, ainda temos mais três, destacados em amarelo, vermelho e verde, cada um com suas ligações de acordo com a força de cada ligação, levando em consideração suas citações nos artigos recuperados.

Observa-se na Tabela 4 que as 10 referências mais utilizadas na construção dos artigos recuperados, ou seja, os 10 artigos mais citados nas referências dos artigos analisados, apresentaram todas com o mesmo número de ocorrência, diferindo apenas no quantitativo de ligações mais fortes.

Tabela 4 - Referências mais citadas.

	Referência	Ocorrência	Força de ligação
1	bozeman, b., rimes, h., youtie, j., the evolving state-of-the-art in technology transfer research: revisiting the contingent effectiveness model (2015) <i>res. policy</i> , 44 (1), pp. 34-49	2	10
2	bozeman, b., technology transfer and public policy: a review of research and theory (2000) <i>res. policy</i> , 29 (4), pp. 627-655	2	10
3	egelhoff, w.g., information-processing theory and the multinational enterprise (1991) <i>j. int. bus. stud.</i> , 22 (3), pp. 341-368	2	10
4	eveland, j.d., diffusion, technology transfer, and implementation: thinking and talking about change (1986) <i>sci. commun.</i> , 8 (2), pp. 303-322. , dec	2	10
5	hamawand, i., sandell, g., pittaway, p., chakrabarty, s., yusaf, t., chen, g., seneweera, s., hopf, j., bioenergy from cotton industry wastes: a review and potential (2016) <i>renew. sustain. energy rev.</i>	2	0
6	lockett, a., siegel, d., wright, m., ensley, m.d., the creation of spin-off firms at public research institutions: managerial and policy implications (2005) <i>res. policy</i> , 34 (7), pp. 981-993	2	10
7	matthews, n.e., stamford, l., shapira, p., aligning sustainability assessment with responsible research and innovation: towards a framework for constructive sustainability assessment (2019) <i>sustainable production and consumption</i> , 20, pp. 58-73	2	2
8	millier, j.g., living systems: the organization (1972) <i>behav. sci.</i> , 17 (1), pp. 1-182. , jan	2	10
9	pezzuolo, a., benato, a., stoppato, a., mirandola, a., fluid selection and plant configuration of an orc-biomass fed system generating heat and/or power (2016) <i>energy procedia</i> , 101, pp. 822-829	2	0
10	rossi, m., germani, m., zamagni, a., review of ecodesign methods and tools. barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies (2016) <i>j. clean. prod.</i> , 129, pp. 361-373	2	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Com base na análise das principais fontes utilizadas pelos autores dos artigos, é possível aferir, na Tabela 5, que o *journal clean production* foi o mais usado nos estudos como fonte de informações, seguido pelo *energy policy*, ambos somados possuem 80 citações, o que os confere a qualidade de melhores *journals* para serem usados como fontes de informações sobre *technology readiness level*, bem como para serem buscados por pesquisadores que desejam publicar artigos nessa área temática.

Tabela 5 - Fontes mais citadas.

	Fontes	Ocorrência	Força de ligação
1	J. clean. prod.	49	148
2	Energy policy	31	300
3	Res. policy	17	140
4	Technological forecasting and social change	15	14
5	Energy	13	264
6	Renew. sustain. energy rev.	13	216
7	Technol. forecast. soc. chang.	13	259
8	Renew. energy	12	229
9	Journal of service research	11	11
10	Biomass bioenergy	10	222
11	Journal technol. transf.	10	67

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Realizadas tais análises, este estudo agora pretende discutir os principais artigos recuperados, de acordo com a metodologia empreendida na base *scopus*, a seleção deu-se de forma não estatística ou mesmo probabilística, e apenas se levou em consideração os artigos em que a *technology readiness level* fora tratada como agente principal no estudo, com capacidade de ser destacável sob o ponto de vista científico e não somente como uma ferramenta metodológica instrumental. Esta discussão está presente a seguir.

3. Resultados e Discussão

Nesta etapa do estudo, vamos discutir os principais resultados de 4 trabalhos mapeados sobre Technology Readiness Level, aqueles que possuem uma ligação mais próxima com a utilização da TRL como suporte estratégico à gestão de projetos inovadores. O que corresponde à 21% dos recuperados, para realizar esta escolha, considerou-se a utilização da TRL como fator de relevância na execução da pesquisa e no alcance dos resultados, os escolhidos foram: (1) *Marrying the best of both worlds: an integrated framework to combine technology transfer sources and recipients* - Liu, H.; et al., (2018); (2) *Aligning technology and institutional readiness: the adoption of innovation* - Webster, A; Gardner, J. (2019); (3) *Time is everything: a technology transition structure to regulatory levels and market readiness* - Kobos, P. H. et al., (2018); e (4) *Technology selection using the TOPSIS method* Free access - Halicka, K. (2020).

O primeiro artigo que será apresentado é dos autores Liu, Subramanian, Hang (2018) que tem como título “*Marrying the best of both worlds: an integrated framework to combine technology transfer sources and recipients*”. Trata-se de um artigo que teve uma motivação comum entre pesquisadores, um estudo anterior que apresentou lacunas em seus resultados e que poderia proporcionar uma continuidade da pesquisa, trazendo ainda mais achados relevantes e contribuindo para a temática. Além do exposto, pode-se destacar a literatura ainda deficitária acerca do tema transferência de tecnologia.

Nesse sentido, o artigo debate a importância da utilização das escalas de TRL na gestão da transferência de tecnologia entre instituições públicas de pesquisa e pequenas e médias empresas privadas receptoras dessas inovações. Entre os principais resultados do estudo, observaram-se alguns pontos centrais a serem destacados, são eles: a dicotomia entre o nível de gestão da inovação entre instituições públicas de pesquisa e pequenas e médias empresas. Em segundo, corroborando a literatura de embasamento, a eficiência de uma transferência tecnológica pode conter algumas perspectivas concomitantes e divergentes, o que naturalmente exige ações múltiplas e simultâneas, como técnicas e políticas por exemplo.

Em terceiro lugar os autores destacam que as universidades dominam a literatura quando se trata do tema transferência de tecnologia, mas eles seguiram um caminho diferente, mostrando as instituições públicas de pesquisa que também fazem esse trabalho. O quarto ponto discutido é o fato de que de maneira geral, os agentes dão importância ao lado do fornecedor da tecnologia, ao seu estoque de conhecimento, entre outros. E nessa pesquisa foi observado o outro lado desse processo, o lado dos receptores das inovações, os demandantes, e sua importância nesse dinâmico meio.

O artigo identificou formas de agregar características a TRL que podem trazer um ganho significativo às atividades de P&D, integraram as mesmas e forneceram uma alternativa prática de utilização e melhoria de processos, podendo contribuir de forma relevante para o ecossistema de inovação que adotar tais ferramentas metodológicas em seu cotidiano.

O segundo artigo que será detalhado foi de autoria de Webster, A. e Gardner, J. (2019), intitulado como: “*Aligning technology and institutional readiness: the adoption of innovation*”, O estudo aborda a questão da prontidão, ou seja, do potencial para a inovação, especificamente sobre os níveis de prontidão tecnológica, em outras palavras, níveis de maturidade tecnológica – NMT, remetendo conseqüentemente à *technology readiness level*. Na pesquisa os autores destacam a importância de a TRL ser observada de forma mais ampla e científica, trazendo uma visão mais holística da metodologia.

O estudo trás uma discussão sobre como podemos aproveitar a exploração que é possível entre NMT e os estudos de ciência, tecnologia e inovação, onde teoria e prática podem se entrelaçar e colaborar para o desenvolvimento tecnológico via

inovação. Abordar a importância das TRLs, mas também suas limitações e problemas, trazendo uma visão mais complexa acerca do tema, mas que possui grande relevância para o amadurecimento da temática, avanço este de extrema relevância, visto a notoriedade que tal metodologia vem ganhando contemporaneamente.

O estudo trás questões relevantes sobre uma abordagem de nível de prontidão institucional, que seria algo completar às TRLs, pois se percebeu que a metodologia possuía deficiências e que estas, poderiam ser trabalhadas através de técnicas embasadas numa evolução da sistemática já existente. Os autores destacam como maior deficiência das TRL, a dificuldade de deixar mais claro a estrutura social e técnica no qual a inovação está inserida, deixando transparecer uma realidade quase isoladas do contexto que o cerca, diversos agentes envolvidos que trazem suas contribuições ou dificuldades ao andamento do projeto.

O artigo possui como maior resultado o desenvolvimento de uma metodologia de prontidão institucional, onde estudos científicos são relacionados com ferramentas técnicas com o objetivo de trazer mais assertividade ao tomador de decisões e fazendo com que a inovação possa realmente atingir seu propósito.

O terceiro artigo analisado foi construído por Kobos, P. H. et al., (2018), e possui o seguinte título: “Time is everything: a technology transition structure to regulatory levels and market readiness”, o mesmo foi estruturado no sentido de gerar uma discussão acerca da entrada de novas tecnologias no mercado para o qual foram desenvolvidas, trazendo para uma percepção sobre a importância de realizar uma transição rápida e eficiente das tecnologias que são importantes para o cumprimento das metas ambientais das nações, aquelas traçadas para diminuir as emissões de gás carbônico por exemplo. Tendo em vista que a evolução tecnológica proporcionada pela inovação é capaz de gerar esse avanço, atendendo anseios do mercado e políticos regulatórios. A pesquisa parte de uma noção de que existe um atraso entre o desenvolvimento e a efetiva absorção da tecnologia, se baseando numa gestão dos níveis de maturidade tecnológica através da technology readiness level.

O estudo alcançou seus objetivos primários, trazendo relevância para a temática e trilhando caminhos para outras pesquisas semelhantes. Através de uma adaptação da TRL tradicional, aquela utilizada na P&D mais pura, foi incrementada com estruturas que levam em consideração parâmetros de mercado e políticos regulatórios, objetivando um ganho de eficiência e eficácia, que conseqüentemente traria significativo aumento de velocidade na transição entre a inovação e a utilização das tecnologias por seus demandantes.

Um dos pontos centrais que permitiu a execução dos objetivos científicos traçados foi o trabalho de quantificação de requisitos chave no que diz respeito às situações e demandas político-regulatórias, bem como das exigências mercadológicas, ou seja, o que o mercado estava desejando para solucionar de forma eficiência suas demandas.

O último artigo selecionado para análise foi elaborado por Halicka, K. (2020), tendo como título: “Technology selection using the TOPSIS method Free access”. Segundo a autora as inovações tecnológicas baseadas em inovação estão sendo decisivas no momento em que uma organização comercial necessita se sobressair frente aos seus concorrentes. Seria através dos processos inovativos que a sociedade constrói um alicerce de evolução das organizações públicas e privadas, bem como da vida social como um todo. Em um resumo, a inovação seria a fonte de atendimento às demandas evolutivas necessárias ao desenvolvimento das nações.

Ela aponta um processo de evolução social em que as pessoas e as empresas parecem estar criando uma espécie de consciência da relevância da inovação para o seu cotidiano, isso afeta não só a forma de demandas soluções, mas também em como interagir com esse processo, que tem se tornado cada vez mais comum segundo a literatura pesquisada. Essa percepção de popularização da inovação, também é percebida no meio acadêmico científico, através de produção científica, projetos de extensão tecnológica, programas de pós-graduação voltados à inovação, dentre outros.

O objetivo central da pesquisa é entregar um modelo de metodologia para a tomada de decisão que possui cunho multivariado de atributos ou requisitos, para ser aplicado durante a seleção de uma tecnologia que será financiada, o modelo

faz uma junção de ciclo de vida da tecnologia S (S-LSA) que está ligado ao desempenho tecnológico em si, somado ao nível de maturidade ou prontidão tecnológica – TRL, que serve para aferir o NMT de determinada tecnologia em desenvolvimento, e por último com método TOPSIS, este método permite a criação de um ranking das tecnologias selecionadas.

O modelo atingiu os objetivos propostos, tornando-se uma alternativa na gestão da P&D e inovação em ambientes inovativos públicos ou privados, cabe expor que foram utilizados critérios avaliativos como competitividade, inovação, utilidade prática da inovação, além dos já citados TRL e S-LSA.

4. Conclusão

Com base nos achados dos principais artigos recuperados na presente pesquisa, pode-se dizer que o estado da arte do tema technology readiness level é ainda escasso quanto às discussões acerca de sua importância dentro do contexto dos ecossistemas de inovação em nível mundial, apesar de sua utilização já consolidada como ferramenta de apoio à gestão da inovação.

Contudo, através da amostra investigada, fica perceptível a extrema relevância da TRL para os desenvolvedores de tecnologias, os responsáveis pela inovação tanto nas empresas privadas, quanto nas instituições públicas, em especial as ligadas ao ensino, pesquisa e inovação, precisam e se utilizam dessa metodologia que já possui mais de 50 anos de existência comprovada pela literatura.

Outro ponto que merece destaque é o fato de que nos 4 artigos detalhados na discussão da pesquisa, é notório que a TRL possui grande relevância nos trabalhos empreendidos, bem como nos modelos e métodos propostos, todos buscando trazer impacto para o desenvolvimento e para a gestão da inovação, seja sob o ponto de vista político/regulatório ou mesmo na aplicação mercadológica das soluções, mas em todos os estudos a TRL é utilizada de maneira conjugada ou mesmo adaptada para determinada realidade. Isso nos coloca diante de uma das características que a literatura destaca sobre a TRL, que é a sua alta capacidade de ser adaptada, essa metodologia tem sido modificada em demasia ao longo do tempo, facilitando e popularizando sua utilização por empresas, governos e academia, ou seja, a tríplice hélice é extremamente beneficiada por essa ferramenta metodológica.

O estudo possui limitações, podemos destacar a escassez de artigos que tratam da TRL como ponto central de sua construção, analisando sua eficiência ou mesmo ineficácia. Também podemos dizer que o período de tempo necessário a uma construção metodológica pode ser um fator limitador, pois entre a pesquisa e a escrita do trabalho, podem ter surgido trabalhos relevantes, visto ser um ambiente dinâmico e em desenvolvimento.

Como sugestão de estudos futuros, apontamos para a possibilidade de utilizar esta pesquisa como base comparativa na investigação sobre a percepção de agentes da tríplice-hélice sobre technology readiness level e correlacionando com os achados dela, criando um trabalho que une o teórico e o prático numa busca da percepção sobre a referida metodologia.

Referências

- Araújo, C. A. A. (2006). Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. Em *Questão*, 12(1), 11–32. <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/16>
- Audy, J. (2017). A inovação, o desenvolvimento e o papel da Universidade. *Estudos avançados*, 31, 75-87. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190005>
- Barbosa, C. E. (2018). Spin-offs acadêmicas de biotecnologia: Análise da maturidade tecnológica através da escala Technology Readiness Levels (Doctoral dissertation). <https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/handle/123456789/2146>
- Dantas, F. C. (2020). OPTIMUS: metodologia de gestão da inovação para instituições científicas e tecnológicas públicas (Master's thesis, Brasil). <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/28757>
- do Prado, V. J., Bezerra, K. D. R., Esteves, E. D. S. J., & de Souza, L. N. (2020). O ecossistema de inovação da cidade de Salvador: um diagnóstico do nível de maturidade. *Research, Society and Development*, 9(3), e143932536-e143932536.

- DOD. Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook. Department of Defense of United States of America. 2009. <<http://www.acqnotes.com/Attachments/Tec>>
- Gaban, N. D. C. (2020). Informação para inovação: uma análise das produções científicas sobre Technology Readness Level (TRL) e a contribuição brasileira frente a atuação dos núcleos de inovação tecnológica das ICTs. <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14161>
- Gil, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. (6ª. ed.) Editora Atlas SA.
- Halicka, K. (2020). Seleção de tecnologia usando o método TOPSIS. *Форсайт*, 14(1) (eng), p. 85-96, 2020. <https://doi.org/10.1108/17542731111139464>
- ISO. International Organization for Standardization. ISO 16290:2013 - Space systems - Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment, Suíça, 2013. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16290:ed-1:v1:en>
- Jochem, R., Geers, D., & Heinze, P. (2011). Maturity measurement of knowledge-intensive business processes. *The TQM Journal*. 23(4), 377-387. <https://doi.org/10.1108/17542731111139464>
- Kobos, P. H., Malczynski, L. A., La Tonya, N. W., Borns, D. J., & Klise, G. T. (2018). Timing is everything: A technology transition framework for regulatory and market readiness levels. *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 211-225. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.052>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. D. A. (2010). Fundamentos da metodologia científica. In *Fundamentos da metodologia científica* (pp. 320-320).
- Liu, H. Y., Subramanian, A. M., & Hang, C. C. (2018). Marrying the best of both worlds: An integrated framework for matching technology transfer sources and recipients. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(1), 70-80. [10.1109/TEM.2018.2858812](https://doi.org/10.1109/TEM.2018.2858812)
- Martin, A. R., Carvalho, S. M. S., Cunha, J. C., & Lopes, A. C. C. (2020). Classificação dos Instrumentos de Captação de Recursos para Apoio à Inovação do Governo Federal na Escala de Prontidão Tecnológica (TRL). *Cadernos de Prospecção*, 13(1), 78-78. <https://doi.org/10.9771/cp.v13i1.32726>
- OECD; EUROSTAT. Oslo Manual: Guidelines for collecting, Reporting and Using Data on **Revista Eniac Pesquisa, Dialnet**, 8, p. 85-98. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6786924>>. Innovation. (4a ed.): OECD, 2018.
- Quevedo-Silva, F., Santos, E. B. A., Brandão, M. M., & Vils, L. (2016). Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. *Revista Brasileira de Marketing*, 15(2), 246-262. [10.5585/remark.v15i2.3274](https://doi.org/10.5585/remark.v15i2.3274)
- Rich, M., & Ginsburg, K. R. (1999). The reason and rhyme of qualitative research: why, when, and how to use qualitative methods in the study of adolescent health. *Journal of Adolescent Health*, 25(6), 371-378. [https://doi.org/10.1016/S1054-139X\(99\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S1054-139X(99)00068-3)
- Rocha, D. (2016). Dissertação de mestrado do Curso de Ciências e Tecnologias Espaciais, Uma adaptação da Norma ISO 16290:2015 aplicada em projetos do setor Aeroespacial. São Paulo: [s.n.]. <http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/72781.pdf>
- Salazar, G., & Russi-Vigoya, M. N. (2021). Technology Readiness Level as the Foundation of Human Readiness Level. *Ergonomics in Design*, 29(4), 25-29. <https://doi.org/10.1177/10648046211020527>
- Schumpeter, J. A. (1911). *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. São Paulo, SP: Ed. Abril, 1982.
- SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (2020). Empreendedorismo e Inovação: a moeda para ter sucesso nos negócios. 2020. <https://atendimento.sebrae-sc.com.br/blog/empreendedorismo-e-inovacao/>
- Soares, F. D. M., & Prete, E. K. E. (2018). Marco regulatório em ciência, tecnologia e inovação: texto e contexto da Lei nº 13.243/2016. Belo Horizonte: Arraes Editores, 13-19.
- Tizotte, T. R. L., Thesing, N. J., & Gomes, F. B. M. (2021). Análise bibliométrica dos artigos da base de dados da Scopus sobre a Produção Científica Brasileira da Covid-19 Bibliometric analysis of articles from the Scopus Database on the Brazilian Scientific Production of Covid-19. *Brazilian Journal of Development*, 7(7), 73457-73474. [10.34117/bjdv7n7-496](https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-496)
- Vik, J., Melås, A. M., Stræte, E. P., & Søråa, R. A. (2021). Balanced readiness level assessment (BRLa): A tool for exploring new and emerging technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120854. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120854>
- Webster, A., & Gardner, J. (2019). Alinhando tecnologia e prontidão institucional: a adoção da inovação. *Análise de Tecnologia e Gestão Estratégica*. 31(10), 1229-1241.